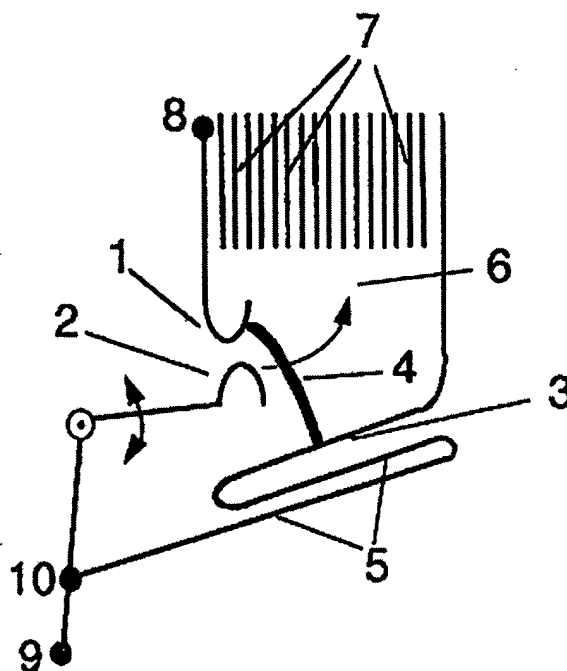


## Switch with positive temperature coefficient or PTC element for improved current limiting and light arc quenching

**Patent number:** DE19810981  
**Publication date:** 1999-09-16  
**Inventor:** GLATZ-REICHENBACH JOACHIM (CH); GREUTER FELIX (CH); BAIATU TUDOR (CH); STRUEMPLER RALF (CH); SKINDHOJ JOERGEN (CH)  
**Applicant:** ABB RESEARCH LTD (CH)  
**Classification:**  
- international: H01H9/42; H01C7/02  
- european: H01H9/46, H01C7/02, H01H9/42  
**Application number:** DE19981010981 19980313  
**Priority number(s):** DE19981010981 19980313

### Abstract of DE19810981

The switch has at least two contact pieces (1,2) and at least one light arc rail (3) adjacent to and connected to at least one contact piece, which does not lie in the current path with the contacts closed and which produces a light arc (4) from the contact piece to the rail when the contact pieces are opened. The light arc rail consists at least partly of positive temperature coefficient conductor material and/or is connected via a PTC conductor (5) to an adjacent contact piece. An Independent claim is also included for a switch arrangement.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide





⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 10 981 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 H 9/42**  
H 01 C 7/02

⑳ Aktenzeichen: 198 10 981.4  
㉔ Anmeldetag: 13. 3. 98  
㉕ Offenlegungstag: 16. 9. 99

**DE 198 10 981 A 1**

㉑ Anmelder:  
ABB Research Ltd., Zürich, CH

㉒ Vertreter:  
Lück, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 79761  
Waldshut-Tiengen

㉓ Erfinder:  
Glatz-Reichenbach, Joachim, Dr., Baden, CH;  
Strümpfer, Ralf, Dr., Gebenstorf, CH; Baiatu, Tudor,  
Dr., Brugg, CH; Greuter, Felix, Dr., Baden, CH;  
Skindhoj, Jörgen, Dr., Baden, CH

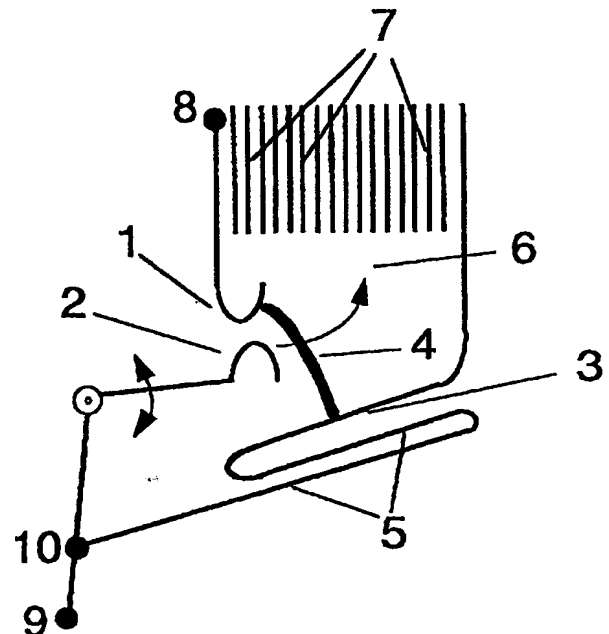
㉔ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	44 41 279 C1
DE	42 43 314 A1
CH	5 89 351 A5
EP	04 92 336 A2

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

㉕ Schalter mit PTC-Element zur verbesserten Strombegrenzung und Lichtbogenlöschung

㉖ Bei einem Schalter wird die Lichtbogenbegrenzung  
verbessert durch eine Lichtbogenlaufschiene aus einem  
PTC-Material und/oder durch einen Anschluß der Lichtbo-  
genlaufschiene an dem zugeordneten Kontaktstück über  
einen PTC-Leiter.



**DE 198 10 981 A 1**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen elektrischen Schalter zum Einschalten und Unterbrechen eines Stromes. Im Mittelpunkt der erfindungsgemäßen Weiterentwicklung stehen dabei die Eigenschaften des Schalters beim Unterbrechen des Stromes.

Bei vielen Schaltern, insbesondere bei Schutzschaltern und Schaltern für größere elektrische Leistungen, treten beim Abschalten Lichtbögen zwischen sich trennenden Kontaktstücken auf. Aus verschiedenen Gründen wird angestrebt, den durch den Lichtbogen fließenden Strom nach dem Trennen der Kontaktstücke möglichst schnell auf möglichst niedrige Stromstärken zu begrenzen und den Lichtbogen möglichst früh zu löschen.

Ein wesentlicher Grund hierfür ist die erhebliche Materialbelastung und -abnutzung an den mit dem Lichtbogen in Kontakt kommenden Bauteilen des Schalters. Desweiteren ist es häufig notwendig, Stromspitzen zum Schutz außerhalb des Schalters liegender elektrischer Elemente zu unterdrücken. Insbesondere werden Schutzschalter gerade zur Unterbrechung über einer bestimmten Schwelle liegender Ströme eingesetzt, so daß es bei ihnen naturgemäß von primärer Wichtigkeit ist, daß nach dem Auslösen die durch den Lichtbogen für eine gewisse Zeitspanne noch auftretende Stromspitze möglichst flach und kurz ausfällt.

Im Stand der Technik bekannt sind sogenannte Lichtbogenlaufschienen. Dabei handelt es sich um einzeln oder paarweise in der Nähe sich beim Unterbrechen des Stroms trennender Kontaktstücke angeordnete und mit einem Kontaktstück verbundene Leiterstücke, die so geformt und angeordnet sind, daß der Lichtbogen nach dem Trennen der Kontaktstücke auf sie überspringt und an ihnen entlang läuft. Dazu wird die Geometrie so ausgestaltet, daß der Lichtbogen eine gewisse Krümmung aufweist und daher durch sein Magnetfeld entlang dem oder den Lichtbogenlaufschienen weiter und in die Länge getrieben wird.

Die Strombegrenzung und das Löschen des Lichtbogens erfolgen durch die im Lichtbogen aufgebaute Gegenspannung und durch den Zusammenbruch des Lichtbogens bei einer bestimmten Länge.

Zur Unterstützung dieser Funktion sind in vielen Fällen am Ende des oder der Lichtbogenlaufschienen Löschblechanordnungen in einer Löschkammer verwendet worden. Dabei wird der Lichtbogen in der oben beschriebenen Weise entlang der oder den Lichtbogenlaufschienen in eine Anordnung mehrerer von einander isolierter und in einem bestimmten wiederholten Abstand voneinander angeordneter Leiterstücke getrieben. Zwischen den Löschblechen brennt der Lichtbogen dann in einer trotz der Verringerung durch die Summe der Dicken der Löschbleche erheblichen Länge, wobei sich die Fußpunktspannungen der aus der Aufteilung folgenden vielen kleinen Lichtbögen aufaddieren. Dadurch wird die insgesamt durch die Lichtbögen erzeugte Spannung stark erhöht und die Entladung erlischt, und zwar im Wechselstromfall in der Regel im nächsten Stromnulldurchgang.

Löschblechanordnungen sind in vielen Fällen unverzichtbar, bei der im Folgenden beschriebenen Erfindung jedoch nicht unbedingt notwendig.

Als Stand der Technik ist ferner die CH 589 351 anzuführen, von der die vorliegende Erfindung abgegrenzt ist. Sie beschreibt einen Schalter mit zumindest zwei Kontaktstücken und zumindest einer einem Kontaktstück benachbarten und mit diesem elektrisch verbundenen Lichtbogenlaufschiene, die bei geschlossenen Kontaktstücken nicht im Strompfad liegt, wobei der Schalter dazu ausgelegt ist, daß beim Öffnen der Kontaktstücke, ein Lichtbogen erzeugt wird, der von diesem einen Kontaktstück aus auf die Lichtbogenlaufschiene überwechselt und über diese läuft, um zu erlöschen.

Bei diesem Schalter ist zwischen zumindest zwei Löschbleche ein PTC-Widerstandselement geschaltet. Wenn der Lichtbogen, wie oben beschrieben, in die die Löschbleche enthaltende Löschkammer eintritt und zwischen den genannten beiden Löschblechen ein Teillichtbogen entsteht, wechselt der Strom auf das ausreichend niederohmige PTC-Widerstandselement hinüber. Die durch die Joulesche Verlustwärme in dem PTC-Widerstandselement bewirkte Erhöhung seines Widerstands soll das Erlöschen der übrigen Teillichtbögen unterstützen.

Von diesem Stand der Technik ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das technische Problem zugrunde, die Abschalteneigenschaften weiter zu verbessern.

Dieses technische Problem wird gelöst durch einen Schalter gemäß dem Anspruch 1, der dadurch gekennzeichnet ist, daß die Lichtbogenlaufschiene zumindest teilweise aus PTC-Leitermaterial besteht und/oder über einen PTC-Leiter mit diesem einen benachbarten Kontaktstück verbunden ist.

Mit dem Begriff "PTC-Leitermaterial" sind elektrische Leiter mit einem positiven durchschnittlichen Temperaturkoeffizienten des elektrischen Widerstands gemeint, die entweder unterhalb ihrer Schmelztemperatur ( $T_s$ ) im Temperaturbereich zwischen 300 K und 600 K einen relativen Widerstandsanstieg um mindestens einen Faktor 2,2, bevorzugt 2,5, aufweisen, oder im Temperaturbereich zwischen 300 K und  $T_s - 200$  K einen relativen Widerstandsanstieg um mindestens einen Faktor 5, bevorzugt 9 und besonders bevorzugt 12, zeigen.

Das PTC-Leitermaterial hat die Funktion beim Unterbrechen eines Stromes zunächst einen nicht zu hohen Widerstand in den Strompfad einzubringen, damit der Lichtbogen sicher von dem Kontaktstück auf die Lichtbogenlaufschiene überspringt bzw. an ihr weiterläuft. Dabei bzw. danach soll der PTC-Widerstand durch den Strom, der in dem Lichtbogen geführt wird, soweit erwärmt werden, daß der dadurch ansteigende Widerstand mit der Bewegung des Lichtbogens entlang der Lichtbogenlaufschiene einhergehend zu dem Spannungsaufbau beiträgt, der schließlich den Lichtbogen erlöschen läßt.

Es muß also durch die Auslegung des Schalters ein Ausgleich gefunden werden mit maximalem Spannungsaufbau durch den PTC-Effekt einerseits bei Gewährleistung des Überspringens bzw der Bewegung des Lichtbogens auf und entlang der Laufschiene andererseits.

Ein wesentlicher Vorteil der Erfindung liegt darin, daß der PTC-Effekt zu einem sehr viel früheren Zeitpunkt im Abschaltvorgang zum Tragen kommt, als bei dem geschilderten Stand der Technik (weswegen die obige bekannte Lösung hier aber nicht ausgeschlossen ist). Wenn nämlich die Lichtbogenlaufschiene über einen PTC-Leiter mit dem benachbarten Kontaktstück verbunden ist, wird der PTC-Leiter sofort nach dem Überspringen des Lichtbogens von dem Kontaktstück auf die Lichtbogenlaufschiene von dem durch den Lichtbogen getragenen Strom durchflossen, erwärmt sich dadurch und verringert durch den zunehmenden Eigenwiderstand die an dem Lichtbogen selbst anliegende Spannung. In

analoger Weise wirkt ein PTC-Leiterstück in der Lichtbogenlaufschiene bzw. eine PTC-Lichtbogenlaufschiene, und zwar in dem Maße zunehmend, wie der Lichtbogen über die Länge der Lichtbogenlaufschiene läuft.

In beiden Fällen kann die Strombegrenzung von einem sehr frühen Zeitpunkt des Abschaltvorganges an wesentlich verbessert werden, was zusätzlich zu einem früheren und leichteren Erlöschen des Lichtbogens führt. Dies gilt für Anwendungen mit einer und solche mit zwei Lichtbogenlaufschienen. Bei zweien muß die Erfindung nicht unbedingt doppelt verwirklicht sein.

Ein weiterer Vorteil kann sich bei Anwendungsfällen ergeben, in denen ohne den erfindungsgemäßen Einsatz des PTC-Leitermaterials die Gefahr von Neuzündungen an einer den Kontaktstücken abgewandten Seite der Lichtbogenlaufschiene, etwa in einer Löschblechanordnung einer Löschkammer nach dem Erlöschen eines ersten Lichtbogens besteht. Diese Gefahr kann dadurch auftreten, daß sich beispielsweise zwischen oder vor den Löschblechen unmittelbar nach dem Erlöschen des Lichtbogens bzw. der Teillichtbögen eine noch stark ionisierte Atmosphäre befindet, die einen erneuten Durchschlag erleichtert. Bei einem erfindungsgemäßen Schalter ist jedoch die für eine solche Neuzündung wirksame Spannung gegenüber der außen am Schalter anliegenden Spannung um den erheblichen Spannungsabfall an dem PTC-Leiter verringert. Damit sind Neuzündungen erheblich erschwert.

Zu den im Anspruch 1 aufgeführten, sich nicht gegenseitig ausschließenden Alternativen für den Einsatz des PTC-Leitermaterials ist im Vergleich folgendes festzustellen: Die erste Alternative eines PTC-Leiterstücks in der Lichtbogenlaufschiene läßt sich mit einem minimalen technischen Aufwand in ansonsten konventionelle Schalterkonstruktionen integrieren. Es muß entweder das Material der gesamten Lichtbogenlaufschiene (konventionell im allgemeinen Kupfer) einfach ausgetauscht werden gegen ein PTC-Leitermaterial oder ein entsprechendes Stück in eine im übrigen konventionelle Lichtbogenlaufschiene eingesetzt werden. Jedenfalls kann die ursprüngliche Form der Lichtbogenlaufschiene vollständig erhalten bleiben, so daß die übrige Konstruktion des Schalters nicht tangiert wird.

Andererseits wird bei dieser ersten Alternative der PTC-Effekt erst in dem Umfang wirksam, in dem der Lichtbogen entlang der Länge der Lichtbogenlaufschiene gelaufen ist.

Die zweite Alternative eines PTC-Leiters zwischen der Lichtbogenlaufschiene und dem benachbarten Kontaktstück bietet demgegenüber eine frühestmögliche Wirkung des PTC-Effekts unmittelbar nach dem Überspringen des Lichtbogens. Ferner kann das Material der Lichtbogenlaufschiene nach Gesichtspunkten wie Dauerhaftigkeit im Lichtbogenkontakt, thermische Leitfähigkeit usw. unabhängig optimiert werden. Das gleiche gilt für die Auslegung der Abmessungen der Lichtbogenlaufschiene, die besonders massiv sein kann, ohne daß deswegen der angestrebte PTC-Widerstand im erwärmten Zustand zu gering wäre.

Andererseits liegt der PTC-Widerstand bei der zweiten Alternative schon beim Überspringen des Lichtbogens im Strompfad und kann daher durch seinen Widerstand im kalten Zustand das Überspringen erschweren. Demgegenüber ist bei der ersten Alternative beim Überspringen kein zusätzlicher Widerstand wirksam, weswegen der PTC-Widerstand (im kalten Zustand) nicht besonders niedrig ausgelegt werden muß. Bei der ersten Alternative kann also ein besonders wirksamer Spannungsaufbau im PTC-Leiter stattfinden, wenn der Lichtbogen am Ende der Lichtbogenlaufschiene bzw. vor den Löschblechen angekommen ist.

Eine von der zweiten obigen Alternative ausgehende Ausgestaltung der Erfindung zielt auf eine Minimierung des von dem die Lichtbogenlaufschiene mit dem Kontaktstück verbindenden PTC-Leiter in Anspruch genommenen zusätzlichen Bauvolumens. Dazu ist vorgesehen, daß der PTC-Leiter auf der dem von dem Lichtbogen beim Abschalten durchlaufenen Raum abgewandten Seite der Lichtbogenlaufschiene verläuft und dabei zumindest im wesentlichen parallel zu der Lichtbogenlaufschiene geformt ist. Bei vielen existierenden Schalterkonstruktionen läßt sich auf dieser abgewandten Seite ein solcher PTC-Leiter unterbringen bzw. mit geringem Aufwand Raum für den PTC-Leiter schaffen. Trotzdem kann der PTC-Leiter eine relativ ausgedehnte Länge haben. Dies ist wichtig, um trotz guter thermischer Belastbarkeit, also einer gewissen Materialmenge des PTC-Leiters einen ausreichenden Widerstand zu realisieren.

Am besten bildet der PTC-Leiter dabei eine oder mehrere Schleifen, die das Kontaktstück mit dem diesem Kontaktstück zugewandten Ende der Lichtbogenlaufschiene verbindet oder verbinden. Durch diese lichtbogenparallelen Schleifen läßt sich die Länge des PTC-Leiters bei begrenztem Bauvolumen erhöhen. Wenn der Widerstand der Lichtbogenlaufschiene selbst – mit oder ohne PTC-Effekt – für die Strombegrenzung und das Abschalten genutzt werden soll, ist der Anschluß an dem kontaktstückseitigen Ende der Lichtbogenlaufschiene optimal, weil die gesamte Länge der Lichtbogenlaufschiene in den Strompfad gelangt.

Die geschilderte Geometrie des Aufbaus aus der Lichtbogenlaufschiene und dem PTC-Leiter ist in dem weiter unten dargestellten Ausführungsbeispiel veranschaulicht. Erfindungsgemäß bevorzugt ist dabei ein einstückiges gebogenes Metallblechteil, das die Lichtbogenlaufschiene und den PTC-Leiter gemeinsam bildet. Dies ist ein herstellungstechnisch besonders einfacher Fall, der im übrigen die Vorteile der beiden oben dargestellten Alternativen vereint. Im übrigen ist bei dieser Lösung von selbst ein optimaler Ohmscher Kontakt zwischen der Lichtbogenlaufschiene und dem PTC-Leiter gegeben.

Als bevorzugtes PTC-Leitermaterial ist bei dieser Erfindung an Vacon 25 gedacht, eine Legierung aus 75% Kobalt und 25% Eisen. Dabei wird ein durchschnittlicher PTC-Koeffizient von  $10^{-9} \Omega\text{m/K}$  im Bereich von 300 K bis 1540 K ( $T_s - 200 \text{ K}$ ) realisiert. Es können aber auch andere Legierungen der Elemente Eisen, Nickel und Kobalt oder metallische Materialien, die im wesentlichen aus einem der Elemente bestehen, verwendet werden. Diese Materialien bieten gute Eigenschaften hinsichtlich der thermischen Belastbarkeit, der Größe des PTC-Effekts sowie der Höhe des (kalten d. h. Raumtemperatur-) Ausgangswiderstands.

Wie sich bereits aus den oben angeführten Materialien ergibt, sind bei dieser Erfindung metallische PTC-Materialien wegen ihrer besseren thermischen Stabilität insbesondere gegenüber Polymer-PTC-Materialien zu bevorzugen. Typischerweise zeigen Polymer-PTC-Materialien einen so starken Widerstandsanstieg in einem relativ kleinen Temperaturbereich, daß der abzuschaltende Strom praktisch schlagartig durch den PTC-Leiter unterbrochen würde. Es muß von einem spezifischen Kaltwiderstand für Polymer-PTC-Materialien ausgegangen werden, der mindestens zwei Größenordnungen über dem der metallischen PTC-Materialien liegt. Dies würde im Vergleich zu der hier betrachteten PTC-Metall-Ausführung zu einer wesentlichen Vergrößerung des Leitungsquerschnitts führen. Deshalb wären in den meisten Fällen

unrealistisch große Polymerleiterstücke notwendig. Die Erfindung ist aber nicht auf metallische PTC-Materialien eingeschränkt, sondern kann je nach Anforderungen an die thermische Belastbarkeit auch mit anderen, möglicherweise auch zukünftig entwickelten PTC-Materialien ausgeführt werden.

Es wurde bereits dargestellt, daß die Erfindung besondere Vorteile bei Schaltern mit einer Löschkammer mit in der  
oben ausgeführten Weise wirkenden Löschblechen findet. Insbesondere ist dabei an einen LV-Schutzschalter (LV = low  
voltage = Niederspannung) zu denken. Dies ist ein kommerziell wesentlicher Bereich, in dem die Anwendung der erfin-  
dungsgemäßen Lösung wegen ihrer guten Wirkung bei geringem Kostenaufwand besonders vielversprechend ist.

Ergänzend wird Schutz beansprucht für eine erfindungsgemäß ausgebildete Lichtbogenlaufschiene, die einstückig mit einem PTC-Leiter ausgebildet ist oder einen PTC-Leiter enthält. Sie kann vorteilhafterweise separat hergestellt und in konventionelle Schalter eingebaut und auch nachgerüstet werden. Das Prinzip der Erfindung läßt sich in dieser Weise sozusagen als Modul verwirklichen, weswegen die Erfindung nicht auf einen vollständigen Schalter eingeschränkt ist.

Ein weiterer Gedanke der Erfindung geht dahin, einen konventionellen Schalter mit mehreren Löschkammern (z. B. den Typ Q1 C40 des Herstellers CMC) dadurch zu verbessern, daß eine der Löschkammern des Schalters mit einer Lichtbogenlaufschiene in der erfindungsgemäßen Weise ausgeführt ist, und zumindest eine weitere der Löschkammern durch einen einfachen PTC-Widerstand ersetzt ist, der dann einem Kontakt parallel geschaltet ist. Durch die Wirkung des PTC-Widerstands in der Laufschiene oder zwischen der Laufschiene und dem Kontaktstück und den zusätzlichen Spannungsabfall in dem zusätzlichen PTC-Widerstand, der im Ausschaltvorgang seriell geschaltet zum Gegenspannungsaufbau beiträgt, kann die Belastbarkeit der gesamten Schalteranordnung so weit verbessert werden, daß sich die konventionelle Verwendung einer zusätzlichen Löschkammer erübrigt.

20 Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels veranschaulicht, wobei die dabei offenbaren Einzelmerkmale auch jeweils für sich oder in anderen als den dargestellten Kombinationen erfindungswesentlich sein können. Im einzelnen zeigt:

**Fig. 1** eine stark vereinfachte Schemazeichnung zur Darstellung des Schaltungsaufbaus und des geometrischen Aufbaus eines erfindungsgemäßen Schalters.

25 **Fig. 2** ein Beispiel für einen Spannungs- und einen Stromverlauf bei einem Abschaltvorgang im Vergleich zwischen einem erfindungsgemäßen Schalter und einem weitgehend baugleichen konventionellen Schalter.

Fig. 3 im Vergleich eine Serienschaltung zweier erfindungsgemäßer Schalter nach Fig. 1 und eine diese Serienschaltung vereinfachende besondere Ausgestaltung der Erfindung.

Fig. 1 zeigt ein schematisches Diagramm, das in stark vereinfachter Weise den Schaltungsaufbau und die Grundzüge der Geometrie eines erfindungsgemäßen Schalters darstellt. Der Schalter ist über zwei Außenanschlüsse 8 und 9 in einen nicht dargestellten äußeren Stromkreis geschaltet.

Im geschlossenen Zustand berühren sich die Kontaktstücke 1 und 2 des Schalters, die in Fig. 1 jedoch geöffnet dargestellt sind. Das Kontaktstück 2 ist um eine angedeutete Drehachse schwenkbar, wie mit den Pfeilen veranschaulicht. Im Sinne der Figur bedeutet eine Bewegung des beweglichen Kontaktstücks 2 nach unten ein Öffnen und eine Bewegung nach oben ein Schließen des Schalters.

35 nach oben ein Schließen des Schalters.  
Im geschlossenen Zustand erzeugt eine äußere Spannung einen Stromfluß über die Leiterstrecke von dem oberen Anschluß 8 zu dem unbeweglichen Kontaktstück 1 und über das bewegliche Kontaktstück 2 bis zu dem Anschluß 9, oder umgekehrt.

40 Neben der Leiterstrecke zwischen dem oberen Anschluß 8 und dem unbeweglichen Kontaktstück 1 ist eine Löschkammer 6 angeordnet, die Löschbleche 7 enthält. Die Löschbleche 7 sind dabei in einem festen und sich wiederholenden Abstand parallel zueinander und isoliert voneinander montiert. Die genannte Leiterstrecke bildet dabei quasi ein äußerstes Löschblech.

Die Löschblechanordnung 7 wird auf der dem den Anschluß 8 mit dem festen Kontaktstück 1 verbindenden Leiter abgewandten Seite von einem Leiterblech, quasi ein zweites äußeres Löschblech, abgeschlossen, das auf der den Kontaktstücken 1 und 2 zugewandten Seite der Löschbleche, also in der Figur unten, in einem Winkel in eine Lichtbogenlaufschiene 3 übergeht, die auf den von dem beweglichen Kontaktstück 2 in der Öffnungs- oder Schließbewegung durchstrichenen Raum zu läuft. An ihrem den Kontaktstücken 1 und 2 zugewandten Ende geht die Lichtbogenlaufschiene 3 in einer Schleife einstückig in eine parallel zu ihr in umgekehrter Richtung zurücklaufende Leiterstrecke 5 über, die nach einer weiteren Schleife wiederum parallel zu der Lichtbogenlaufschiene 3 geführt ist und elektrisch mit der das bewegliche Kontaktstück 2 mit dem Anschluß 9 verbindenden Leiterstrecke verbunden ist. Als Lichtbogenlaufschiene 3 ist das Leiterstück zwischen dem die Löschblechanordnung 7 abschließenden Blechstück auf Höhe des in der Figur unteren Endes der Löschbleche 7 und der den Kontaktstücken 1 und 2 zugewandten Schleife bezeichnet.

55 Diese Lichtbogenlaufschiene 3 und die daran anschließende Leiterstrecke 5 bis zu dem Anschlußpunkt 10 an der Leiterstrecke zwischen dem beweglichen Kontaktstück 2 und dem Anschluß 9 bestehen aus einem PTC-Leitermaterial, nämlich der Legierung Vacon 25. Es wäre erfindungsgemäß natürlich auch möglich, die Lichtbogenlaufschiene 3 aus Kupfer und nur die daran anschließende Leiterstrecke 5 aus Vacon 25 oder einem anderen PTC-Leitermaterial herzustellen. Genauso wäre es erfindungsgemäß möglich, nur die Lichtbogenlaufschiene 3 aus einem PTC-Leitermaterial herzustellen und die daran anschließende Leiterstrecke 5 ganz wegzulassen, d. h. die Lichtbogenlaufschiene 3 direkt bis zu dem Anschlußpunkt 10 zu führen.

60 Der in der Figur dargestellte Zustand des Schalters liegt unmittelbar nach dem Öffnen, d. h. dem Trennen der Kontaktstücke 1 und 2 voneinander vor. Das bewegliche Kontaktstück 2 hat sich soweit von dem festen Kontaktstück 1 entfernt, daß ein in der Figur mit 4 bezeichneter Lichtbogen von dem beweglichen Kontaktstück 2 auf die Lichtbogenauflaufschiene 3 übersprungen ist. Damit liegen das den Kontaktstücken 1 und 2 zugewandte Ende der Lichtbogenauflaufschiene 3 ab dem Fußpunkt des Lichtbogens 4 und der PTC-Leiter 5 im Strompfad des von dem Lichtbogen 4 geführten Stroms. Die  
65 Joulesche Verlustwärme dieses Stromes sowie aus dem Lichtbogen 4 durch Wärmestrahlung in die Lichtbogenauflaufschiene 3 eingekoppelte Wärme führen insgesamt zu einer schnellen Erwärmung des PTC-Leitermaterials. Das Überspringen des Fußpunkts des Lichtbogens 4 von dem beweglichen Kontaktstück 2 auf die Lichtbogenauflaufschiene 3 hat damit zur Folge, daß sich der Widerstand des Strompfades in einer durch die technische Auslegung des Schalters im we-

sentlichen einstellbaren Zeit deutlich erhöht, und zwar unabhängig von der Erhöhung des Widerstandes des Lichtbogens 4 selbst.

Wie eingangs bereits geschildert, ist der Lichtbogen 4 durch eine entsprechende Auslegung der Geometrie des Schalters, insbesondere der Form der Kontaktstücke 1 und 2, etwas gekrümmt und wird somit durch sein eigenes Magnetfeld in die Löschkammer 6 und damit in die Länge getrieben. Wie ebenfalls bereits ausgeführt, ist schon diese Verlängerung des Lichtbogens 4 mit einer Zunahme seines Widerstandes und einer Abnahme des Lichtbogenstroms verbunden. Kontinuierlich hinzu tritt der PTC-Effekt der Lichtbogenlaufschiene 3 selbst, wobei sich schließlich beim Einlaufen in die Anordnung der Löschbleche 7 die mit der doppelten Zahl der Löschbleche 7 multiplizierte Fußpunktspannung hinzuaddiert. Damit wird der Lichtbogen 4 spätestens zwischen den Löschblechen 7 gelöscht.

Bei diesem Ausführungsbeispiel tritt die unterstützende Wirkung durch die PTC-Widerstandszunahme jedoch größtenteils unabhängig von der Bewegung des Lichtbogens 4 in die Löschkammer 6 auf. Wenn der Lichtbogen 4 aus einem bestimmten Grund z. B. einer Materialunregelmäßigkeit, mit seinem Fußpunkt an dem kontaktstückseitigen Ende der Lichtbogenlaufschiene 3 verharret, wird der Strom dennoch durch die Zunahme des Widerstands des verbleibenden Stücks der Lichtbogenkontaktschiene 3 und insbesondere des PTC-Leiters 5 zwischen der Lichtbogenkontaktschiene 3 und dem Anschlußpunkt 10 begrenzt. Der Lichtbogen 4 ist dann bereits geschwächt, bevor er möglicherweise schlagartig in die Löschkammer 6 überspringt. Da sich bei diesem Ausführungsbeispiel die Vorteile der beiden Alternativen des Anspruchs 1 ergänzen, kann der Widerstand des PTC-Leiters 5 relativ niedrig ausgelegt werden, so daß die Behinderung des Überspringens des Fußpunkts des Lichtbogens 4 von dem beweglichen Kontaktstück 2 auf die Lichtbogenlaufschiene 3 unerheblich ist.

Die Legierung Vacon 25 zeigt einen ausgeprägten PTC-Effekt mit einer Zunahme des spezifischen Widerstands etwa um einen Faktor 15 zwischen 300 K und der Curietemperatur von etwa 1150 K. Die Curietemperatur ist eine mögliche geeignete obere Temperaturgrenze für die Auslegung der PTC-Leiterstücke in dem Schalter. Der Schmelzpunkt von Vacon 25 liegt bei 1743 K. Einen ebenfalls sehr ausgeprägten PTC-Effekt zeigt auch Kobalt mit einem Widerstandsvergrößerungsfaktor von 18 zwischen 300 K und der Curietemperatur von 1394 K; die Schmelztemperatur liegt bei 1768 K. Wenn in dem Schalter hohe Temperaturen vermieden werden sollen, bietet sich das Material Nickel an mit einem Widerstandsvergrößerungsfaktor von immerhin 7 zwischen 300 K und der niedrigen Curietemperatur von 629 K. Die Curietemperatur von Eisen liegt zwischen den genannten Werten mit 1042 K bei einer Widerstandsvergrößerung gegenüber 300 K mit dem Faktor 11. Die Schmelztemperatur beträgt 1807 K.

Unabhängig von der Curietemperatur ausgedrückt durch die Temperatur  $T_s - 200$  K ergibt sich folgendes:

Material	$T_s - 200$ K	$\rho$ ( $10^{-8} \Omega m$ ) 300 K	$\rho$ ( $10^{-8} \Omega m$ ) $T_s - 200$ K	$\rho(T_s - 200 \text{ K}) / \rho(300 \text{ K})$
Vacon 25	1543 K	7,5	115	15,3
Co	1568 K	5,0	90	18,0
Ni	1526 K	6,0	60	10,0
Fe	1607 K	9,0	120	13,3

Es ist also möglich, durch geeignete Wahl des PTC-Leitermaterials abhängig von den tolerablen Temperaturen in dem Schalter eine Widerstandserhöhung um etwa eine Größenordnung oder auch mehr zu erzielen.

Fig. 2 zeigt ein Diagramm mit etwas vereinfachten Zeitverläufen der Spannung  $U$  an den beiden Anschlüssen 8 und 9 des Schalters und des Stroms  $I$  durch den Schalter, wobei der Index E jeweils die Erfindung gemäß Fig. 1 und der Index K einen entsprechenden konventionellen Schalter bezeichnet. Als konventioneller Schalter wurde ein Schutzschalter des Typs LP1 C63 des Herstellers CMC gemessen, und zwar ein Kurzschluß in einem äußeren Wechselstromkreis. Dem erfindungsgemäßen Austausch der Lichtbogenlaufschiene gegen ein einstückiges, gemäß Fig. 1 zu zwei Schleifen gebogenes Vacon 25-Blech entsprechend werden Kurven mit dem Index E erwartet, die in Versuchsaufbauten vergleichbare Meßergebnisse ergaben.

Fig. 2 zeigt, daß der erfindungsgemäße Schalter die Gegenspannung  $U_E$  schneller und stärker aufbaut. Demgegenüber zeigt die Gegenspannung  $U_K$  des konventionellen Schalters einen langsameren und schwächeren Anstieg und einige Oszillationen in der Umgebung des Maximums, die vermutlich mit Nachzündungen im Bereich der Löschbleche 7 zu erklären sind. Dementsprechend verläuft die Stromkurve  $I_E$  beim erfindungsgemäßen Schalter niedriger, d. h. sie zeigt ein deutlich kleineres Maximum und einen sehr viel schnelleren Abfall zu kleinen Stromwerten als die Kurve  $I_K$  des konventionellen Schalters. An dem deutlich kleineren Flächenintegral unter der Kurve  $I_E$  läßt sich erkennen, daß die Belastung des von dem erfindungsgemäßen Schalter geschützten Stromkreises erheblich geringer ausfällt.

Fig. 3 zeigt auf der linken Seite mit A bezeichnet eine Serienschaltung aus zwei erfindungsgemäßen Schaltern nach dem Aufbau in Fig. 1. Dabei sind einfach der Anschluß 9 des oberen Schalters und der Anschluß 8 des unteren Schalters miteinander verbunden. Durch entsprechende Serienschaltungen von zwei oder mehreren Schaltern können die elektrischen Leistungsmerkmale insgesamt natürlich erhöht werden.

Nach einer besonderen Ausführungsvariante der Erfindung wird eine solche Serienschaltung dadurch vereinfacht, daß zumindest einer der Schalter weder eine Lichtbogenlaufschiene 3 noch einen daran anschließenden PTC-Leiter 5 noch eine Löschkammer 6 mit Löschblechen 7 aufweist. Diese Variante ist in dem rechten Teil B in Fig. 3 gezeigt. Statt dessen ist bei dem oberen erfindungsgemäß vereinfachten Schalter der Anschlußpunkt 10 nicht nur über die im gezeigten Zu-

stand bereits geöffneten Kontaktstücke 1 und 2, sondern darüber hinaus in einer Nebenstrecke über einen mit dem Kürzel PTC bezeichneten PTC-Leiter mit dem Anschluß 8 des oberen Schalters verbunden. Der untere Schalter entspricht wiederum dem Aufbau aus Fig. 1.

Beim im wesentlichen gleichzeitigen Öffnen der beiden seriell verbundenen Schalter entsteht nur in dem unteren Schalter ein Lichtbogen 4, der wie bereits beschrieben gelöscht wird. Im oberen Schalter fließt der Strom – für eine der beiden möglichen Richtungen mit dem Symbol i angedeutet – statt dessen über die Nebenstrecke durch den PTC-Leiter, so daß sich dessen Widerstandserhöhung in analoger Weise wie oben beschrieben zu dem Löschmechanismus im unteren Schalter unterstützend hinzuaddiert.

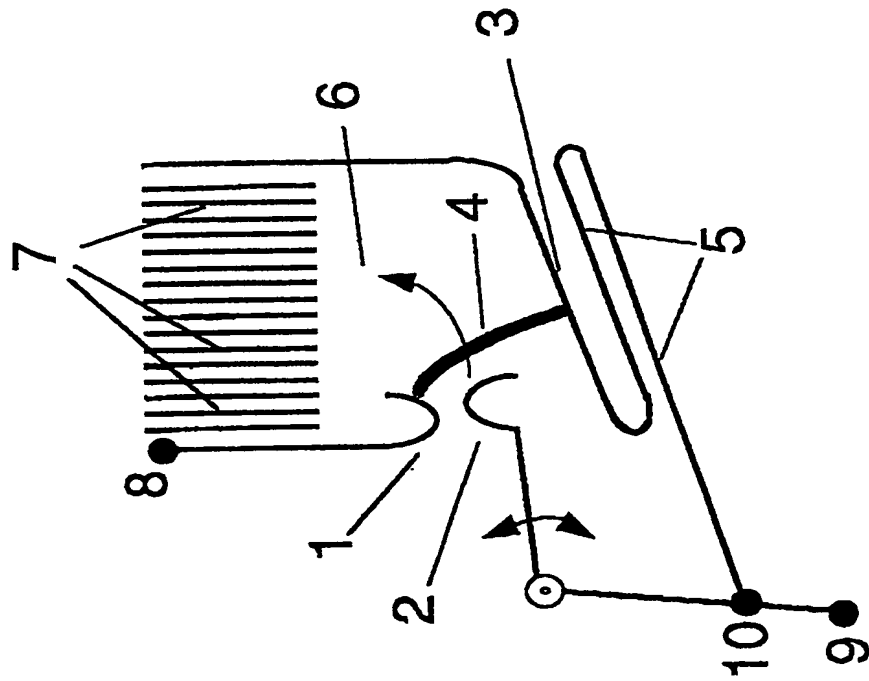
Der gesamte Aufbau der Anordnung bei B ist ersichtlich sehr viel einfacher als bei A. Dennoch können mit dieser Anordnung B die Leistungsmerkmale eines Einzelschalters nach Fig. 1 noch weiter gesteigert werden.

#### Patentansprüche

1. Schalter mit zumindest zwei Kontaktstücken (1, 2) und zumindest einer einem Kontaktstück (2) benachbarten und mit dieser elektrisch verbundenen Lichtbogenlaufschiene (3), die bei geschlossenen Kontaktstücken (1, 2) nicht im Strompfad liegt, dazu ausgelegt, daß beim Öffnen der Kontaktstücke (1, 2) ein Lichtbogen (4) erzeugt wird, der von diesem einen Kontaktstück (2) aus auf die Lichtbogenlaufschiene (3) überwechselt und über diese läuft, um zu erlöschen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtbogenlaufschiene (3) zumindest teilweise aus PTC-Leitermaterial besteht und/oder über einen PTC-Leiter (5) mit diesem einen benachbarten Kontaktstück (2) verbunden ist.
2. Schalter nach Anspruch 1, bei dem der die Lichtbogenlaufschiene (3) mit dem Kontaktstück (2) verbindende PTC-Leiter (5) im wesentlichen parallel zu und auf der lichtbogenabgewandten Seite der Lichtbogenlaufschiene (3) verläuft.
3. Schalter nach Anspruch 2, bei dem der PTC-Leiter (5) das kontaktstückseitige Ende der Lichtbogenlaufschiene (3) mit dem einen Kontaktstück (2) verbindet, wobei der PTC-Leiter (5) zumindest eine Schleife bildet.
4. Schalter nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem das PTC-Leitermaterial metallisch ist.
5. Schalter nach Anspruch 4, bei dem das PTC-Leitermaterial Eisen, Nickel, Kobalt oder eine Legierung daraus, insbesondere Vacon 25, ist.
6. Schalter nach Anspruch 3, und zumindest einem der Ansprüche 4 und 5, bei dem die Lichtbogenlaufschiene (3) und der PTC-Leiter (5) zusammen ein einstückiges gebogenes Metallblechteil sind.
7. Schalter nach einem der vorstehenden Ansprüche mit einer Löschkammer (6) mit Löschblechen (7).
8. Schalter nach einem der vorstehenden Ansprüche ausgelegt als LV-Schutzschalter.
9. Einstückig mit einem PTC-Leiter (5) ausgebildete oder einen PTC-Leiter enthaltende Lichtbogenlaufschiene (3) für einen Schalter nach einem der vorstehenden Ansprüche.
10. Schalteranordnung mit einem Schalter nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und einem weiteren seriellen, jedoch parallel mit einem PTC-Widerstand verschalteten Schalter.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

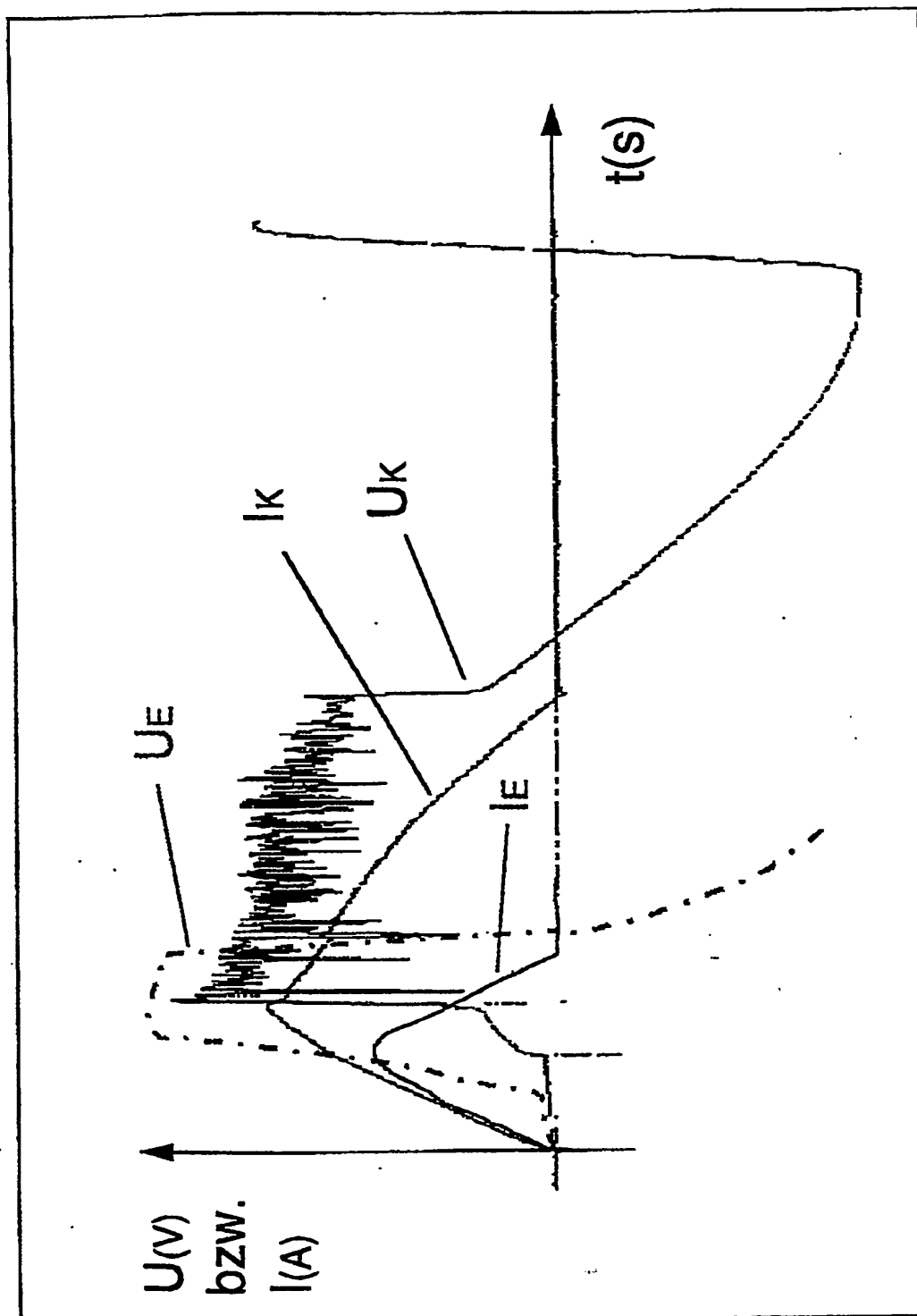


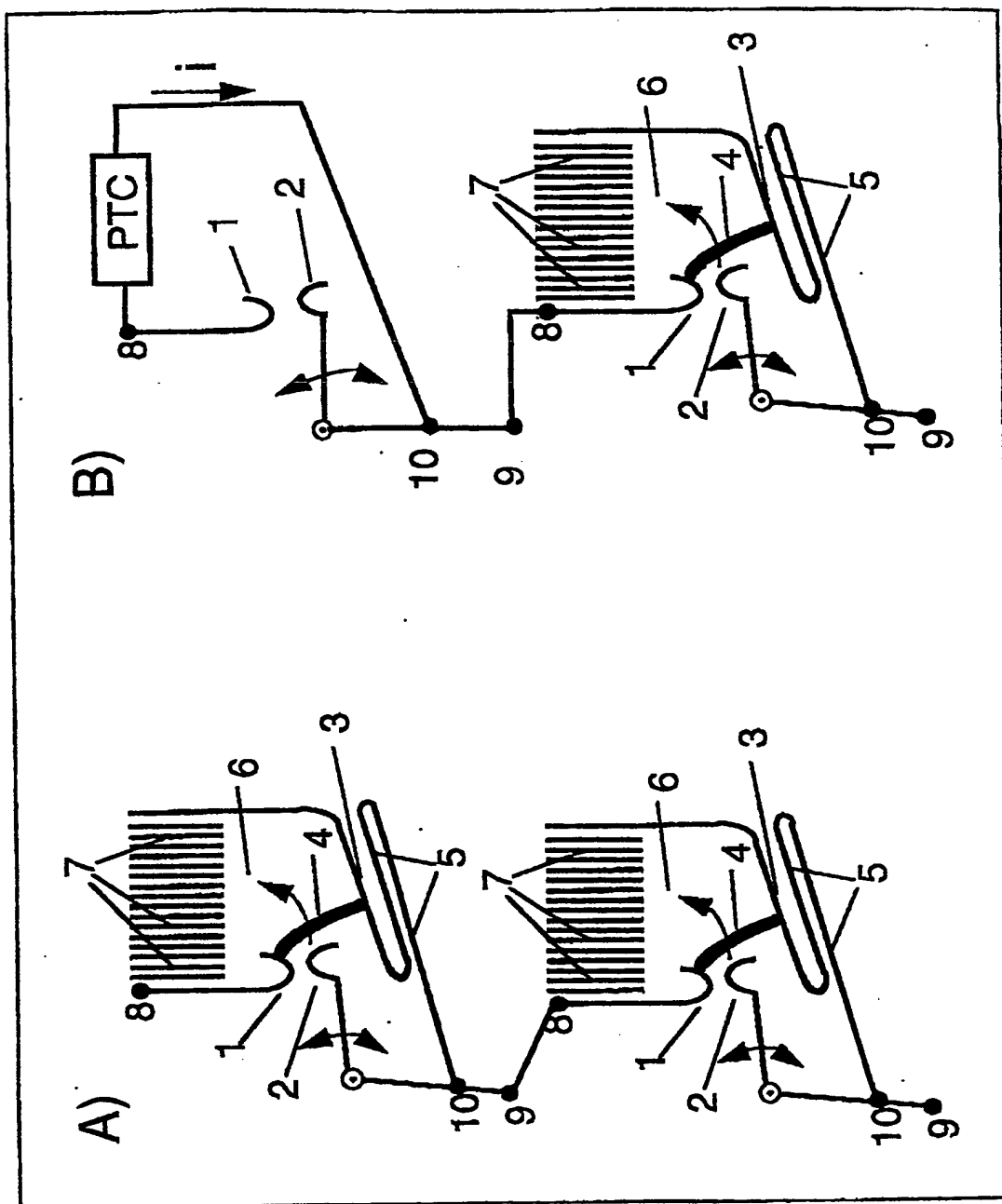


Figur 1:

- Leerseite -

Figur 2:





Figur 3: